

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ณ |
| สารบัญภาพ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.4 ขอบเขตการวิจัย | 3 |
| บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง | 4 |
| 2.1 กัญชา | 4 |
| 2.2 เซลลูโลสที่สังเคราะห์โดยเชื้อแบคทีเรีย | 5 |
| 2.3 น้ำในอาหาร | 10 |
| 2.4 การทำแห้ง | 14 |
| 2.5 การอบแห้งแบบสุญญากาศ | 17 |
| 2.6 การอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | 18 |
| 2.7 เซลลูโลส | 21 |
| 2.8 สารอนุพันธ์ของเซลลูโลส | 23 |
| 2.9 การสังเคราะห์สารโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส | 24 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการวิจัย | 26 |
| 3.1 อุปกรณ์ | 26 |
| 3.2 สารเคมี | 27 |
| 3.3 วิธีการวิจัย | 28 |

| | |
|---|----|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 33 |
| 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของแผ่นเซลล์โอสที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้า | 33 |
| 4.2 ผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเซลล์โอส โดยวิธีสุญญากาศ ต่อคุณสมบัติของเซลล์โอสแห้ง | 35 |
| 4.3 ผลของเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้งเซลล์โอส โดยวิธีอบแห้ง แบบแช่เยือกแข็งต่อคุณสมบัติของเซลล์โอสแห้ง | 43 |
| 4.4 ผลของการผลิตสารโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โอสจากเซลล์โอส ที่อบแห้ง โดยวิธีสุญญากาศ | 51 |
| 4.5 ผลของการผลิตสารโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โอสจากเซลล์โอส ที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | 57 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 66 |
| 5.1 สรุปผลการทดลอง | 66 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 67 |
| เอกสารอ้างอิง | 68 |
| ภาคผนวก | 72 |
| ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ | 73 |
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี | 77 |
| ภาคผนวก ค ภาพประกอบการทดลอง | 90 |
| ประวัติผู้เขียน | 94 |

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|--|------|
| 2.1 คุณค่าอาหารของกล้วยน้ำว้าจากน้ำหนักรับเนื้อผลกล้วยสุก 100 กรัม | 5 |
| 2.2 เปรียบเทียบลักษณะของเชื้อ <i>Acetobacter</i> และเชื้อ <i>Gluconobacter</i> | 7 |
| 2.3 ความแตกต่างระหว่างการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งและวิธีการทำให้แห้งโดยใช้ลมร้อน | 21 |
| 4.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นเซลล์โลสที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้า | 33 |
| 4.1.2 คุณสมบัติทางเคมีของแผ่นเซลล์โลสที่ผลิตจากกล้วยน้ำว้า | 34 |
| 4.1.3 ปริมาณสารอาหารของแผ่นเซลล์โลสที่ผลิตจากน้ำมะพร้าว | 35 |
| 4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศกับคุณสมบัติของเซลล์โลสแห้งที่ผลิตได้ | 38 |
| 4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศกับคุณสมบัติของเซลล์โลสแห้งที่ผลิตได้ | 39 |
| 4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งกับคุณสมบัติของเซลล์โลสแห้งที่ผลิตได้ | 45 |
| 4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งกับคุณสมบัติของเซลล์โลสแห้งที่ผลิตได้ | 46 |
| 4.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับปริมาณโซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตทที่ใช้ในการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลสที่ผลิตจากเซลล์โลสอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศต่อคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลสที่ผลิตได้ | 52 |
| 4.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับปริมาณโซเดียมโมโนคลอโรอะซิเตทที่ใช้ในการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลสที่ผลิตจากเซลล์โลสอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศต่อคุณสมบัติของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลล์โลสที่ผลิตได้ | 53 |

- 4.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับปริมาณโซเดียม
โมโนคลอโรอะซิเตตที่ใช้ในการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่
ผลิตจากเซลลูโลสออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อคุณสมบัติ
ของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตได้ 59
- 4.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์กับปริมาณโซเดียม
โมโนคลอโรอะซิเตตที่ใช้ในการผลิตสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่
ผลิตจากเซลลูโลสออบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อคุณสมบัติ
ของสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิตได้ 60
- 4.5.3 การทดสอบลักษณะบ่งเอกลักษณ์สารโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิต
จากเซลลูโลสออบแห้งด้วยวิธีสุญญากาศ 64
- 4.5.4 การทดสอบลักษณะบ่งเอกลักษณ์สารโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ผลิต
จากเซลลูโลสออบแห้งด้วยวิธีเยือกแข็ง 65

สารบัญภาพ

| ภาพ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 วิธีการสังเคราะห์เซลลูโลสในแบคทีเรีย <i>Acetobacter xylinum</i> | 9 |
| 2.2 ซอฟต์แวร์ไอโซเทอร์มของน้ำ | 12 |
| 2.3 การเคลื่อนที่ของความชื้นออกจากชั้นอาหารระหว่างการอบแห้ง | 15 |
| 2.4 Phase Diagram ของน้ำบริสุทธิ์ | 18 |
| 2.5 โครงสร้างเซลลูโลสในรูป chair conformation | 21 |
| 2.6 การเกิดสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส | 25 |
| 4.1 อัตราการดูดความชื้นกลับของเซลลูโลสที่อบแห้งโดยวิธีสุญญากาศ | 40 |
| 4.2 ลักษณะของเซลลูโลสก่อนอบแห้งซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 41 |
| 4.3 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 50 °C นาน 9 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (เซลลูโลสยังไม่แห้ง) | 41 |
| 4.4 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 60 °C นาน 9 ชั่วโมง ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 42 |
| 4.5 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 70 °C นาน 9 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 42 |
| 4.6 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 70 °C นาน 15 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 43 |
| 4.7 อัตราการดูดความชื้นกลับของเซลลูโลสที่อบแห้งโดยวิธีอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | 48 |
| 4.8 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 35 °C นาน 30 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 49 |
| 4.9 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 40 °C นาน 30 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 49 |
| 5.0 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 45 °C นาน 30 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 50 |
| 5.1 ลักษณะของเซลลูโลสอบแห้งที่ 45 °C นาน 40 ชั่วโมงซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 50 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.2 | อัตราการดูดความชื้นกลับของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสจาก เซลลูโลสที่อบแห้ง โดยวิธีสุญญากาศ | 55 |
| 5.3 | ลักษณะของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสที่ผลิตจากเซลลูโลส ที่อบแห้ง โดยวิธีสุญญากาศที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15 % และโซเดียมโมโนคลอไรด์ 1.4% ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 56 |
| 5.4 | ลักษณะของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสที่ผลิตจากเซลลูโลส ที่อบแห้ง โดยวิธีสุญญากาศที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 20% และโซเดียมโมโนคลอไรด์ 1.4% ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 56 |
| 5.5 | ลักษณะของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสที่ผลิตจากเซลลูโลส ที่อบแห้ง โดยวิธีสุญญากาศที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 25% และโซเดียมโมโนคลอไรด์ 1.4% ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 57 |
| 5.6 | อัตราการดูดความชื้นกลับของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสจาก เซลลูโลสที่อบแห้ง โดยเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | 61 |
| 5.7 | ลักษณะของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสที่ผลิตจากเซลลูโลสที่อบแห้งโดย เครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 15% และโซเดียมโมโนคลอไรด์ 1% ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 62 |
| 5.8 | ลักษณะของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสที่ผลิตจากเซลลูโลสที่อบแห้งโดย เครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 20% และโซเดียมโมโนคลอไรด์ 1% ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 63 |
| 5.9 | ลักษณะของสาร โซเดียมคาร์บอเนตซีเมตลิตเซลลูโลสที่ผลิตจากเซลลูโลสที่อบแห้งโดย เครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่อัตราส่วนระหว่างปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 25% และโซเดียมโมโนคลอไรด์ 1% ซึ่งถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน | 63 |
| ค-1 | แผ่นเซลลูโลสจากกล้วยน้ำว้า (รูปด้านบน) | 91 |
| ค-2 | แผ่นเซลลูโลสจากกล้วยน้ำว้า (รูปด้านข้าง) | 91 |
| ค-3 | เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ | 92 |
| ค-4 | เซลลูโลสแห้งจากเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ | 92 |
| ค-5 | เครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | 93 |
| ค-6 | เซลลูโลสแห้งจากเครื่องอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง | 93 |